



Trabajo Fin de Grado

Impacto de la descarbonización en la economía española

Autor/es

Alejandro Sorrosal Gómez

Director/es

María Luisa Feijóo Bello

María Rosa Duarte Pac

Facultad de Economía y Empresa

2019

INDICE

RESUMEN	4
ABSTRACT	5
INTRODUCCION.....	6
Contexto Europeo En La Descarbonización	7
La Descarbonización: El fin de la Minería del Carbón ha llegado a España.....	11
METODOLOGÍA.....	15
Modelo MRIO (Multiregional Insumo-Producto)	15
RESULTADOS	19
Escenario 1. Eliminación del sector Coque y Refino.	24
Escenario 2: Eliminación del sector “Caucho y No Metales”	25
Escenario 3: Eliminación del Sector Energía (fósiles)	26
Tabla Resumen	27
CONCLUSIONES.....	28
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Variación Porcentual del Producto Interno Bruto (PIB) con respecto al PIB anual desde el año 2007 al 2017.	10
Tabla 2.-. Tabla input-output de los sectores relacionados.	19
Tabla 3.-: Toneladas de CO2 Generadas por cada empleo	22
Tabla 4.-: Producción Total efectiva (Millones de euros).....	23
Tabla 5.- Toneladas de CO2 generadas por cada millón de euros	23
Tabla 6.- Efectos de la eliminación del Sector Coque y Refino.....	24
Tabla 7.- Efectos de la Eliminación de Sector “Caucho y No Metales”	25
Tabla 8.- Efectos de la eliminación del sector Energía (fosiles)	26
Tabla 9.- Resumen de los efectos observados con la eliminación de los sectores contaminantes	27

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.- Empleo Generado por Sector (miles de personas)	21
Gráfico 2.- Emisiones por Sector (miles de personas)	21

RESUMEN

Esta investigación se ha propuesto analizar el Impacto de la descarbonización en la economía de España.

Mediante la utilización de un modelo multirregional (MRIO), se estudian las relaciones directas e indirectas del sector de la minería y la industria extractiva español respecto a los sectores que tienen relación como: la Agricultura, Minería e Industria extractiva de minerales, con los Productos de la silvicultura y la explotación forestal, y servicios relacionados con los mismos para luego analizar cómo han sido estas relaciones intersectoriales midiéndolas a través de generación de valor añadido. Para finalizar, se analizarán los niveles de emisiones de diversos sectores y como su interrelación impacta dentro de la generación de valor agregado

Adicionalmente, se analiza la posibilidad del cierre de la minería del carbón en España, tomando en cuenta el cierre futuro de plantas procesadores de minerales y de generadoras de electricidad a base de carbón, en beneficio de fuentes alternativas de energías mucho más limpias como la electricidad eólica y otras fuentes alternas, las cuales pueden convertirse en generadores de valor agregado para la economía española. Entre las situaciones que se detallan al final del trabajo se enfatiza el descenso de la actividad minera en España, la cual fue muy superior a la media europea al cifrarse en algo más del 54%. Lo que indica que ya se están dando pasos en esta dirección, en sintonía con los acuerdos entre los países que conforman la Unión Europea, en donde esperan para el año 2050 sea una actividad muy reducida reflejando un nivel importante de descarbonización en las economías de la región.

ABSTRACT

This research has set out to analyse the Impact of decarbonisation on the Generation of Wealth on the Spanish Economy.

Using a multi-regional model (MRIO), the direct and indirect relations of the mining sector and the Spanish extractive industry are studied with respect to the sectors that are related such as: Agriculture, Mining and Mineral Extractive Industry, with the Products of Forestry and Forest Exploitation, and services related to them, in order to then analyse how these intersectorial relations have been, measuring them through the generation of added value. Finally, the levels of emissions of various sectors will be analyzed and how their interrelationship impacts on the generation of added value.

In addition, the possibility of the closure of coal mining in Spain is analysed, taking into account the future closure of mineral processing plants and coal-based electricity generators, to the benefit of much cleaner alternative energy sources such as wind electricity and other alternative sources, which may become value-added generators for the Spanish economy. Among the situations detailed at the end of the paper, the decline in mining activity in Spain is emphasized, which was much higher than the European average at just over 54%. This indicates that steps are already being taken in this direction, in line with the agreements between the countries that make up the European Union, where they expect 2050 to be a very reduced activity reflecting a significant level of decarbonization in the economies of the region.

INTRODUCCION

Entre las principales características que son significativas dentro del análisis de la economía internacional en la actualidad, se relaciona con los costes crecientes de la contaminación y su impacto en el ambiente, sobre todo en la explotación de minerales como el oro, la plata o el carbón, lo que quiere decir, tienen un impacto positivo en sus economías, lo cual puede ser medible si esos beneficios son reales, ante el incremento de los costes para controlar la contaminación. En los países del tercer mundo poco o nada han hecho al respecto, y tienen sus políticas bien resguardadas. Por otro lado, en países como Europa y Norteamérica lo tienen como tema de primer orden e importancia en las economías de los países, así como en el bienestar de la sociedad.

En ese orden de ideas, es preciso señalar que podemos mencionar dos razones importantes por lo que buscar ejercer controles en la contaminación sea cada vez más costoso, entre ellas destacamos 1.- las presiones políticas de los grupos ecologistas que aumentan cada vez más y su incidencia tiene impacto político de manera considerable, 2.- Los avances de las ciencias permiten el descubrimientos de nuevos riesgos para la salud humana, que años atrás habían sido subestimados, ya que en la actualidad los desechos industriales, la explotación minera aparecerán como molestos, hoy día son catalogados como cancerígena los cuales incrementan los costes sociales de los países en donde se explota esas riquezas.

Asimismo, la minería forma parte del sector primario por lo que la economía que comprende las actividades productivas, proviene de la extracción y obtención de materias primas. Otras ramas importantes que forman este sector son la agricultura, la pesca, la ganadería entre otros.

Los sectores descritos anteriormente, tienen efectos en función de los mercados, donde hay fuertes niveles de competencia esto solo puede explicar que si algún país protege su medio ambiente quede fuera del mercado o pierda un numero apreciable de ventas. En los países de la Comunidad Europea los costes de controlar la contaminación se estimaron hace una década en alrededor de 2,5 % de Producto Interno Bruto (PIB). De estos surgen interrogantes que profundizan nuestra investigación tales como: ¿Cuánto cuesta combatir la contaminación e impacto ambiental debido a la explotación minera del carbón? ¿Sus costes inciden de manera directa en el PIB y su generación de riquezas?

Contexto Europeo En La Descarbonización

En el año 2011, la Unión Europea (UE) ratificó entre sus objetivos reducir las emisiones de gases de carbono, para disminuir el efecto invernadero en el cual GEI en el horizonte 2050: entre un 80% y un 95% respecto al nivel de 1990.

Sin embargo, los efectos que pudieran medirse y obtenerse en el Producto Interno Bruto (PIB) son beneficios que pudieran ser muy notorios. En el orden de las ideas anteriores, se destaca que La Unión Europea ha establecido unos ambiciosos objetivos de reducción de Dióxido de carbono (CO₂) para los países miembros de cara al año 2050, es evidente entonces que esos planteamientos o metas propuestas tiene como dirección una progresiva des carbonización de la producción energética en toda Europa, donde se imponga un horizonte energético basado en una mayor ecología y sostenibilidad en la producción de energía eléctrica y poner en valor las energías alternativas.

Uno de los datos que más avalan esta posición es que la quema de carbón supuso aproximadamente un 70% de la producción de emisiones de gases de invernadero de la producción eléctrica en el año 2014 y en 2015. Asimismo, el sector eléctrico aumentó sus emisiones en 6,8% en el año 2015 (crecimiento del 1,3% en la UE).

En ese sentido, de lo anteriormente expuesto se deduce, como explica Iglesias (2016): **“España tendrá que invertir una media de 10.000 millones de euros al año (entre 330.00 y 385.000 hasta 2050) para ponerse al día con estos retos”** en efecto, las empresas eléctricas tendrán que dedicar cada año el mismo dinero que hasta ahora invertían en una década entera. Es decir, la proyección del Producto Interno Bruto en ese periodo tendrá impactos positivos en el orden del 2% aproximadamente.

Cabe destacar que entre las medidas que deben llevarse a cabo para cumplir con el compromiso ineludible de reducir las emisiones de carbono por explotación minera se ubican entre el 80% y el 95%, la más importante y que más inversión requiere tiene que ver con las energías renovables. Cabe agregar que la proyección de producción de electricidad de origen renovable como la energía eólica (vientos) y la energía fotovoltaica para 2050 se estima en más del 90% del total de energía demandada, en la actualidad se encuentra en el 38% aproximadamente.

La transición hacia un desarrollo bajo en carbono que se ha comprometido a hacer España mediante el Acuerdo de París (2015) afecta indirectamente a la mitad de los empleos y de forma directa a un millón y medio, por esta razón, los sindicatos aspiran ser incluidos para evitar que el proceso no se convierta en un lastre para la generación de empleo si no en una oportunidad. El Acuerdo de París, por el que cerca de 200 países han acordado la descarbonización de sus economías a mediados de siglo, determina que esta transición debe ser "justa" e ir acompañada de las medidas necesarias para que la mitigación y adaptación al cambio climático no deje a ningún trabajador o empresa en el camino. (Agencia EFE, 2018)

La comunidad internacional busca alcanzar la neutralidad de emisiones entre 2050-2100 y para conseguir este objetivo es necesario marcar el camino de la des carbonización energética.

Hacia 2030 aproximadamente dos tercios de la producción energética a base de carbón habrá sido desmantelada, y España se encuentra entre los países más afectados después de Alemania, el Reino Unido, Polonia y la República Checa. A su vez, las minas españolas forman parte del grupo que está requiriendo para su cierre ayudas estatales junto a las checas, rumanas y polacas.

El trasfondo que esa firme tendencia determina no puede ser más preocupante pues en la UE quedan todavía 128 minas de carbón y 207 centrales alimentadas por el mineral que dan empleo directo a 237.000 trabajadores, 185.000 de ellos, el 78%, en las minas. De estos, 109.000 están expuestos a un alto riesgo de desaparición. Pero existen otros grados de riesgo. Y están, además las industrias relacionadas con el sector, que ocupan a otros 215.000 empleados en bienes y servicios o I&D en torno al carbón y su explotación.

En España a 31 de diciembre de 2018 no quedará abierta ninguna mina de carbón deficitaria. Esto supone que en 2019 se habrán cerrado todas las explotaciones subterráneas de este combustible y apenas quedará una a cielo abierto. Para subsanar los daños económicos, el Gobierno ha decidido duplicar las ayudas directas a la extracción de este mineral. El número de empresas que se reparten estas ayudas no llega a 15, con una plantilla conjunta de algo menos de 3.000 trabajadores.

Con respecto a los objetivos en materia del medio ambiente propuesto por la Comunidad Europea, se hace necesario limitar los productos de origen petrolero a usos en los que no existe alternativa por el uso de gas natural. De allí la importancia de la investigación, ya que se requiere analizar los efectos de estas propuestas de sustitución de fuentes de energía, en España se proyecta que el 2050 todos los vehículos deberían ser eléctricos, lo cual resulta un gran reto, ya que en fecha del 2016 solo han vendido 2300 unidades o vehículos de fuente eléctrica, de acuerdo a información suministrada por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), el transporte pesado se debe realizar por ferrocarril eléctrico, en la actualidad el 95% se hace por carretera entre el 84% y 91% de los consumos de Calefacción en viviendas y empresas, cocina, entre otros, se debería generar con electricidad, ya que en la actualidad solo se consume el 52%

Hechas las consideraciones anteriores con la información recopilada y analizada por Iglesias (2016), es conveniente destacar que, el precio promedio de la electricidad para los hogares españoles se reducirá en 42% aproximadamente, ya que en la actualidad el consumo se ubica entre **120 €/MWh a 65-75 €/MWh**. Este descenso se debe fundamentalmente al aumento de la demanda gracias a la continua electrificación del sistema nacional.

En el futuro se lograría una menor dependencia energética, ya que en el año 2050 harían falta en promedio entre 7 y 15 millones de barriles de petróleo, frente a los 416 millones de barriles del 2018, con un coste que ascendió a 34.000 millones de euros., lo cual impacta de manera importante en su Producto Interno Bruto (PIB). Sin tener en consideración que una mayor eficiencia podría tener incidencia negativa, ya que el avance de las energías renovables reduciría el consumo energético total del país.

En ese mismo sentido el nivel general de producción, la medida más importante en la generación de bienes y servicios para una economía es el Producto Interior Bruto (PIB), el cual mide el valor total de los bienes y servicios finales en una economía para un periodo de tiempo determinado (Larrain y Sachs, 2004).

Tabla 1.- Variación Porcentual del Producto Interno Bruto (PIB) con respecto al PIB anual desde el año 2007 al 2017.

Fecha	PIB anual	Var. PIB (%)
2017	1.166.319M.€	3,00%
2016	1.118.522M.€	3,30%
2015	1.079.998M.€	3,40%
2014	1.037.820M.€	1,40%
2013	1.025.693M.€	-1,70%
2012	1.039.815M.€	-2,90%
2011	1.070.449M.€	-1,00%
2010	1.080.935M.€	0,00%
2009	1.079.052M.€	-3,60%
2008	1.116.225M.€	1,10%
2007	1.080.807M.€	3,80%

Fuente: Datos Macro Expansión (2018)

En el cuadro 1 se puede verificar los ciclos de auge y caída de la generación de riqueza en los periodos de estudios lapso 2007 – 2017. En la cual se evidencia los comportamientos cíclicos del PIB, los cuales se puede proyectar para los próximos periodos en los cual ya España y el resto de los países de la Comunidad Europea deben haber cerrados las fuentes energéticas basada en el carbón, y de allí en adelante se determinará con mayor precisión el efecto de dichas medidas

El objetivo fundamental que tenemos en este trabajo es estudiar los efectos de las actividades de DesCarbonizacion en el Producto Interno Bruto (PIB) a precios constantes y su impacto en la economía de España, en ese orden, Después de analizar estos datos, hemos obtenido algunos resultados muy interesantes que nos permitirán ver:

1.- El estudio advierte de que el cierre prematuro de las centrales térmicas convencionales hoy instaladas (carbón y ciclos combinados) requeriría nuevas centrales de gas natural a partir de 2020, ya que en ese momento aún no estarán disponibles las nuevas tecnologías de almacenamiento de energía necesarias para el respaldo del sistema. Esto significaría nuevas inversiones por valor de 3.500 millones de euros.

2.- Con la aplicación de la Matriz de Leontief y La Matriz de Transacciones Interindustriales, con su respectivo análisis tendremos una visión más completa de cómo ha cambiado el sector de la explotación de los minerales con DesCarbonización en cuanto a relaciones de compra y venta directas e indirectas y que efectos se podrán apreciar en el PIB y su efecto en la distribución de riquezas que han tenido estos cambios en la generación de renta y emisiones.

3.- Para investigar como de influyente ha sido la energía generada por el carbón en los últimos años en la economía española, realizaremos las respectivas comparaciones con la puesta en marcha de la electrificación del sistema nacional y los costes de la contaminación con ello, identificaremos si el sector de minería con la explotación del carbón y su generación de energía ha contribuido al desarrollo económico y sostenible.

En otras palabras, el análisis de los sectores que generen o demanden un mayor nivel de energía eléctrica sustituyendo al carbón y su posterior disminución de los niveles de emisión, tendrá impacto positivo sobre la economía española, lo cual permitirá avanzar en la senda del desarrollo sostenible.

Concluyendo con esta introducción, nos centraremos en la evolución CO₂/\$ pero esta vez centrándonos solamente en el sector de la minería. Así podremos averiguar si este sector ha seguido la tendencia de la economía del país o por el contrario se ha desmarcado de ella.

La Descarbonización: El fin de la Minería del Carbón ha llegado a España.

Las explotaciones mineras en España han experimentado durante las últimas décadas varios altibajos económicos a pesar de la demanda creciente de las materias primas que de ellas se extraen. Entre esos efectos podemos destacar: Las crisis financieras, el

desempleo, el cambio de estructura en la generación de energía eléctrica, la preocupación por la sostenibilidad medioambiental, entre otras situaciones han contribuido a esta deriva. Algunas han optado por la reconversión.

En consecuencia, la tendencia general en el sector minero español, según se explica en el informe 2017 del Ministerio de Industria, lo siguiente: "El descenso en la cantidad de material vendible, así como en el número de explotaciones y de empleos".

De lo cual, a esto hay que añadirle la dependencia, sobre todo en lo que se refiere al carbón, de las ayudas estatales y europeas.

Para finalizar la investigación y mantener la línea para posteriores acciones de revisión, A continuación, una radiografía resumida del sector minero en España: ¿Cuántas minas hay en España? Según, los últimos datos disponibles de la estadística minera anual, que corresponden al año 2017, cifran en 3.612 las explotaciones mineras y en unos 29.500 los empleos directos.

Donde, hay minas subterráneas y a cielo abierto. ¿Qué se extrae de las minas? El informe describe que se extraen Varios tipos de productos: Energéticos: incluyen la antracita y la hulla; es decir, el carbón. El Ministerio de Industria nombra en ese apartado también las extracciones de crudos de petróleo y gas natural, pero los sindicatos del sector no los incluyen al hablar "en términos de explotación minera". Minerales metálicos: por ejemplo: estaño, plomo, cobre, cinc, oro, entre otros. Los Minerales no metálicos (industriales, rocas ornamentales y productos de cantera): entre otros, cuarzo, feldespato, sales, pizarra, mármol, arcilla, granito, yeso, entre otros,

Se pueden resaltar Algunos datos macroeconómicos entre ellos: El valor total de la producción vendible del sector minero en España, según datos del Ministerio de Industria, en 2017 fue de 3.427 millones de euros, aproximadamente el 0,3% del PIB calculado para ese año. Y proyectado para el 2018 en una variación muy cercana al año anterior, 0,25%, es decir, se estima una disminución del impacto del VA en la economía española.

La inversión nacional en la extracción las cuales incluyen: investigación, tratamiento, seguridad y medio ambiente, fue en 2010 de 231 millones de euros. El índice de producción industrial de las industrias extractivas en España cayó casi el 40% entre

2005 y 2015 y la tendencia es la total disfuncionalidad del sector, en lo cual se incrementa los niveles y posibilidades de descarbonización.

En ese mismo orden, el Banco de España. Declara que la partida destinada a "explotación minera" en los Presupuesto generales de España (PGE) de 2017 es de 523 millones de euros.

Por la misma vía, “El Instituto para la Reestructuración de la Minería del Carbón y Desarrollo Alternativo de las Comarcas Mineras” cuenta con una dotación de 358,95 millones de euros, 330 millones menos que en 2011. La mayoría del dinero es para las prejubilaciones de los trabajadores, en lo cual últimamente se ha convertido en una carga pesada para el sector, ya que con la disminución de la producción industrial se hace insostenible mantener a los trabajadores y luego cubrir sus pensiones y enfermedades.

El descenso en la producción del carbón en los últimos años ha sido muy brusco: en 1998 se produjeron 31,88 millones de toneladas y en 2014, 9,45 millones, según datos del ministerio de Industria. Se espera que en 2050 no exista la producción industrial, en general, ya que cayó en España un 7,5% en promedio todo el 2018, según las estadísticas de Eurostat.

En general España tiene algunos años transitando por un proceso de descarbonización resultando una extracción de “carbón autóctono” en cifras simbólicas, siendo un 20% de la energía producida con origen fósil.

En 2017, el nivel de producción de hulla y antracita (conocida como hard coal) de acuerdo el “Informe Anual de Euracoal” (“Asociación Europea para el Carbón y el Lignito”) fue de 2,8 millones de toneladas), al entrar en vigencia la Decisión “787/2010” de la Unión Europea, esa cantidad se reducirá, dejando de recibir ayudas en el sector de la minería. Para proveer a las centrales térmicas, las cuales se encuentran igualmente en dificultades, ese mismo año importaron 19,2 millones de toneladas más de carbón. No obstante, ¿cuál es el estado en el resto de Europa?

¿Cuál es la estrategia en el ámbito energético de países como Alemania, República Checa, Polonia o Bulgaria? La producción de los diferentes estados miembros en los diversos tipos de carbón conlleva a concluir que la descarbonización resulta ser un

factor más económico que ecológico aun con los “Acuerdos de París” de 2015 sobre el cambio climático.

En el informe anual de la “Asociación Europea para el Carbón y el Lignito” se encuentran datos referentes al estado de Europa respecto al Carbón para 2012-2017. En particular, la Unión Europea vetó a unos tipos de carbón: la antracita y la hulla, los tipos de carbones más abundantes en España

La extracción es más cara por ser minas en el interior, por ende, son menos rentables para sacarlo al mercado, ya que su precio es superior a la importación. Por otra parte, de lignito se extraen millones de toneladas en países como Alemania, Polonia o República Checa porque son minas a cielo abierto, es decir, un menor coste al ser posible una mayor mecanización. Sin embargo, este tipo de carbón es de peor calidad porque tiene un poder calorífico inferior y es más contaminante en relación a las antracitas y hullas. En los años mencionados “2012-2017”, la extracción total de carbón la UE 28 cayó en 17,29% de un total de 561 millones de toneladas, a 464 millones de toneladas.

El verdadero descenso fue en las antracitas y hullas (*hard coal*), su producción que ya es bastante baja, descendió en 36,7% en la UE, de 128 millones de toneladas a 81 millones.

El descenso en España fue mayor al promedio, más del 54%. Mientras, la producción de lignito sólo bajo 11,5% en los últimos seis años, de 433 millones de toneladas en 2012, a 383 millones en 2017. El caso alemán, este país, extrajo en 2017 más de 171 millones de toneladas de lignito, equivalente a un 44,6% de lo extraído en la UE., Polonia extrajo 61 millones y la República Checa más de 39 millones de toneladas, al igual que Bulgaria

METODOLOGÍA

En el análisis de Input-Output se considera a cualquier sistema económico como un conjunto de industrias complejas interrelacionadas. Las industrias reciben materias primas (insumos) de las demás industrias del sistema y, a su vez, genera producción a las demás industrias en calidad de materia prima. En esto se centra la valoración del agregado macroeconómico para determinar su impacto

En efecto, para poder realizar este trabajo sobre la influencia de cada país y sector sobre la renta y las emisiones del sector de la minería en España hemos utilizado un modelo multi-regional Input-Output (MRIO), desarrollado por el economista estadounidense, de origen ruso Wassily Leontief, que tiene su origen en las hojas de Leontief (1941) donde podemos verificar la metodología utilizada consultada en Miller y Blaid (2009).

Modelo MRIO (Multiregional Input-Output)

El modelo MRIO refleja la interdependencia que se produce entre los diferentes países y a su vez, la relación entre ellos y sus sectores. En el siguiente Ejemplo, se explica que, en el caso de la producción, el modelo muestra como la producción de un sector de un determinado país puede convertirse en un input para otro sector del mismo u otro país, demostrando así la interdependencia entre sectores y países. En conclusión, El “modelo insumo-producto” presume que los insumos para elaborar un producto se relacionan conforme a una función de costes lineal, la cual depende precios de los insumos.

En la presente investigación, lo vamos a utilizar para observar la evolución de la producción en el sector de la minería en España y sus destinos, además del propio autoconsumo dentro del país, en el caso de los outputs. Mientras que en los que se refiere a inputs, nos servirá para ver de qué sectores y países provienen nuestros inputs. Pero para lo que más lo vamos a utilizar va a ser, para ver la evolución de las emisiones de contaminación en el sector de la minería en España y en el mundo, y como ha afectado la crisis, la deslocalización y cierres de las empresas.

Se parte desde un modelo input-output multi-regional donde la producción de cada país (41 países) y sector (6 sectores) puede representarse en la siguiente ecuación:

$$X = Ax + y$$

En la siguiente la tabla de transacciones intersectoriales, muestra como las industrias se interrelacionan entre sí, donde cada una adquiere productos producidos por otras industrias con la finalidad de llevar a cabo su propia fabricación.

Donde se identifica los vectores, Siendo x el vector de la producción, y la demanda final en el modelo multirregional (consumo + inversión + gasto + exportaciones de bienes finales) y A la matriz de coeficientes técnicos (a_{ij}), el cual es el resultado de dividir las ventas entre sectores, es decir cada valor de la matriz de consumos intermedios, por los outputs totales con dicha operación obtendremos la matriz de coeficientes técnicos A

$$A \equiv \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} \end{pmatrix}$$

Al dividir cada venta por el output total, nos dará como resultado el output de cada sector. El output es igual a la matriz de coeficientes técnicos (A) por el vector de producciones (x) más el vector de demandas finales (y). Por ejemplo, para un sector n .

$$X_n = a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + a_{nn}x_{nn} + y_n$$

Asimismo, Si tenemos en cuenta la producción de todos los sectores y países, la ecuación de equilibrio en forma matricial seria $x = Ax + y$, o de la manera más conocida, con la matriz de Leontief $L = (I - A)$, donde I es la matriz de identidad (matriz con todos ceros excepto en la diagonal principal que son unos).

De esta forma, podemos escribir que $x = Ly$ por lo que la producción total quedaría expresada en términos de demandas finales de cada sector. Si dicha producción queremos tenerla expresada en términos de renta o emisiones, tenemos que obtener previamente los coeficientes unitarios de las variables que pretendemos estudiar, en nuestro caso la renta (VA) y las emisiones de CO2 generadas por unidad de producción. Así llamamos V al vector del valor añadido y C a las emisiones de CO2, dividiremos esos vectores por la producción x_j para poder obtener el vector de coeficientes de cada una de las variables a estudiar.

$$V' \equiv \frac{V_1}{x_1}, \frac{V_2}{x_2}, \dots, \frac{V_n}{x_n}$$

$$C' \equiv \frac{C_1}{x_1}, \frac{C_2}{x_2}, \dots, \frac{C_n}{x_n}$$

En ese orden, Una vez que tengamos estos dos vectores, ya podremos valorar la producción generada en términos de renta y contaminación incorporados directa e indirectamente en la cadena de producción. Esta valoración podemos representarla a través de las siguientes matrices omega (Ω):

$\Omega_v = \hat{V}(I - A)^{-1}\hat{Y}$: Muestra el valor añadido directa e indirectamente generado para satisfacer la demanda final y

$\Omega_c = \hat{C}(I - A)^{-1}\hat{Y}$: Muestra la contaminación directa e indirectamente generada para satisfacer la demanda final y de estas matrices podremos obtener 2 cosas:

1.-Si sumamos las columnas nos dará la renta/contaminación de forma directa e indirecta generada para obtener la demanda final de cada sector.

2.-Mientras que si sumamos las filas nos dará la renta/contaminación directa generada en el país y sector, es decir, los valores directos. Todo esto lo podemos expresar de la siguiente forma.

Para el VA:

$$VVI = e' \Omega_v = e' \hat{v}(I - A)^{-1}\hat{Y}$$

Al hacer referencia al VA donde VV (verticalmente integrado). La Ω con subíndice v pertenece a la matriz omega, la cual se obtiene de multiplicar la inversa de Leontief por el vector de VA. $\Omega_v = v(I - A)^{-1}$ y. La e es un vector de 1 y sirve para facilitar el cálculo.

$$V = \Omega_v e = \hat{v}(I - A)^{-1}\hat{Y}e$$

En ese orden, se explica Donde V es la matriz de resultados del Valor Añadido y la v es el vector del valor añadido. La inversa de la matriz identidad menos la matriz diagonal A $((I - A)^{-1})$, en donde tenemos que la matriz identidad (I) está formada por una matriz que contiene 1 en su diagonal y 0 en el resto y (A) es la “matriz de coeficientes técnicos”. El vector de producción representado por la “ y ”, mientras que la e representa el vector de 1.

$$VVI_e = e'V$$

Para las emisiones de CO2:

$$CVI = e'\Omega_c = e'\hat{c}(I - A)^{-1}\hat{Y}$$

$$C = \Omega_c e = \hat{c}(I - A)^{-1}\hat{Y}e$$

$$CVIe = e'C$$

Toda esta explicación la tendremos que realizar para calcular los datos de cada año elegido y así después poder analizar la evolución sufrida con el paso del tiempo.

La base de datos esta en las tablas Input-Output obtenidas de la base estadísticas de Instituto Nacional de Estadísticas de España, en la sección de la **Contabilidad Nacional Anual de España** en las que se detallan en la rama Homogénea – TIO con 64 Sectores en los Productos TIO para así poder simplificar el cálculo y que nos quede una matriz de (3x3). Hemos utilizado un rango de tiempo desde 2007 hasta 2015, fijándonos en concreto en el año 2015.

RESULTADOS

Después de haber realizado la explicación sobre los cálculos a realizar, procedemos a los respectivos análisis de los resultados obtenidos en cada una de las tablas, en secuencia en la Tabla 1. Sobre la relación input-output a precios básicos (Millones de Euros) para explicar los resultados obtenidos en el sector de la minería. A la hora de analizar los cambios que se han producido en el sector de la minería española para el periodo 2015, Además, en el avance del análisis de los resultados nos centraremos en dos indicadores representativos de estos cambios (VA bruto generado y emisiones de Dióxido de Carbono (CO2), generados por cada uno de los sectores en estudio.

Tabla 2.- Tabla input-output de los sectores relacionados.

INPUT OUTPUT	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8	s9	s10	s11	s12	s13	s14	s15	dem final	prod total efectiva (x)
s1	2.777,8	1,3	28.456,2	962,2	0,0	152,5	115,0	0,0	1,2	47,7	67,9	473,0	9,2	731,8	419,1	26.347,9	34.366,4
s2	7,3	73,5	27,9	51,9	20.724,2	1.061,4	643,3	3.949,4	25,3	7.989,5	1.227,6	302,1	44,5	5,4	128,1	2.980,7	36.288,8
s3	7.659,9	1,1	50.089,8	614,9	0,0	834,4	45,5	16,8	0,2	124,4	196,8	1.148,8	82,4	18.851,1	2.135,1	77.437,9	81.926,5
s4	285,9	142,6	3.491,1	22.402,8	97,7	1.563,9	1.202,8	2.086,2	2.078,9	1.678,8	4.366,6	1.873,4	2.223,7	1.518,4	15.710,4	54.685,0	60.840,3
s5	352,1	75,2	70,7	34,4	3.143,2	1.975,5	49,2	104,3	58,0	4.439,3	81,9	345,9	2.870,7	50,7	561,8	24.151,3	14.526,8
s6	1.337,8	310,8	1.451,2	2.144,6	307,3	20.235,0	2.748,2	3.739,7	1.817,6	2.289,5	3.576,7	1.507,1	565,5	1.303,9	11.885,1	44.906,3	55.306,6
s7	296,8	69,2	2.259,4	1.274,1	42,6	1.868,3	7.188,5	2.025,4	4.328,8	199,7	6.655,4	1.728,5	337,5	220,7	1.372,6	14.760,7	29.991,7
s8	686,4	367,7	1.825,8	3.359,0	142,4	1.293,1	1.179,7	42.027,2	12392,2	3678	12317,3	2230,8	410,3	576,1	5650	89.569,8	88.395,6
s9	61,9	8,8	35	677,3	2,3	11,1	87,8	1177,5	24739,4	39,9	294,5	1202,3	861,3	8,6	962,8	84.268,1	30.271,5
s10	814,4	368,6	2629,1	2013,5	622,3	2947,1	2814,1	9807,2	1057,9	36807,8	3476,3	5535	2455,7	1489,7	7881,7	27.992,1	80.759,6
s11	156,3	74,2	608,3	873,8	65	355,4	461,4	540,6	115,1	1237,5	26980,4	2091,7	1503	733,2	11770,5	100.539,1	47.568,1
s12	5147,8	243,3	6287,3	4878,2	251,4	5105,5	2064,6	5955,7	5657,5	3795,1	6337,5	6457,5	2792,6	7355,1	12084,8	131.621,5	84.496,7
s13	576,1	633,5	4950,5	2288,5	440,2	2826,5	1715,8	3771,8	1432,3	1947,1	1821,7	16387,1	33410,1	811,4	9749,9	39.225,9	107.873,9
s14	18,4	7,9	89	72,1	5,5	244,2	56,8	154	86,2	90,6	1549,1	426,2	185,4	325,4	9485,1	100.691,4	15.349,4
s15	2100,7	967,2	9697,1	7393,2	1321,9	4436,4	2863,5	8530,1	4603,6	9003,9	18318,2	47849,8	14339,1	11656,7	156543,1	589.083,6	352.447,2
Prod efectiva (x)	34366,4	3628 8,8	81926,5	60840,3	14526,8	55306,6	29991,7	88395,6	30271,5	80759,6	47568,1	84496,7	107873,9	15349,4	352447,2		

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas (INE) Contabilidad Nacional Anual

Leyenda Descriptiva de la Matriz Insumo Producto

S1	Agricultura Y Pesca
S2	Extractivas
S3	Alimentaria
S4	Manufactura
S5	Coque Y Refino
S6	Química
S7	Caucho Y No Metales
S8	Metales
S9	Mat. Transporte
S10	Energía
S11	Construcción
S12	Comercio
S13	Servicios Transporte
S14	Hostelería
S15	Servicios

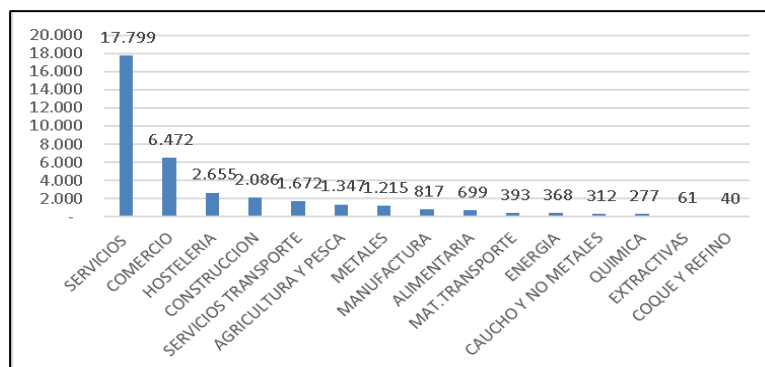
Fuente: Elaboración propia

Para saber si los cambios experimentados en este periodo han afectado en mayor o menor medida a la economía y poder investigar el efecto de la crisis o el aumento de nuestra productividad, Utilizando el modelo MRIO hemos podido obtener los datos de una manera más sintetizada y fácil de interpretar.

Con este modelo hemos podido estudiar los cambios producidos en la cadena de producción de 15 sectores de la economía española, donde se muestra como las industrias se interrelacionan entre sí para proveerse de materia prima para sus procesos.

Cada sector tiene sus particularidades, las cuales se ven reflejadas en la generación de empleo que produce, así como en la cantidad de emisiones de CO2 enviadas a la atmosfera, al respecto, se muestra en primer lugar la generación de empleo de cada sector.

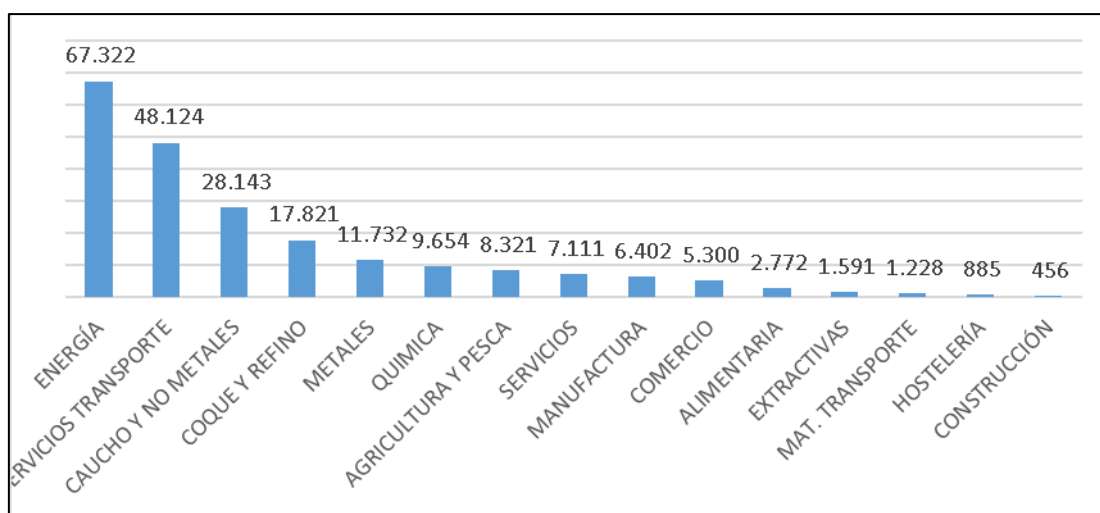
Gráfico 1.- Empleo Generado por Sector (miles de personas)



Fuente: Elaboración Propia a partir de Instituto Nacional de Estadística

Al analizar los datos de empleo, se encuentra que el sector servicios es el que contiene la mayor cantidad de mano de obra de toda la economía española, esto es un dato cónsono con la distribución del Producto Interno Bruto español, el cual el 67,2% corresponde al sector de servicios (Garrido, 2017), pudiese esperarse que, dada su contribución al Producto Interno Bruto, el sector servicios sea un generador importante de emisiones de CO₂, sin embargo, los datos muestran lo siguiente:

Gráfico 2.- Emisiones por Sector (miles de toneladas)



Fuente: Fuente: Elaboración Propia a partir de Instituto Nacional de Estadística

La generación de energía en España es el sector más contaminante, seguido por el sector

de servicios de transporte y el de cauchos y no metales, cierran la lista el sector de coque y refino y el sector de metales.

Llorca (2017) señala que la generación de energía en España proviene en un 30% de fuentes renovables (eólica, hídrica) mientras que el 70% de fuentes no renovable donde destaca la energía nuclear, las centrales de carbón, y de ciclo combinado, considerando que, las fuentes renovables no producen emisiones, y que las plantas de energía nuclear tampoco lo hacen directamente, es pertinente señalar que las plantas de ciclo combinado y las de carbón son las responsables de esa cantidad de emisiones.

Al comparar los datos con el empleo generado por cada sector, se pueden obtener los siguientes datos.

Tabla 3.-: Toneladas de CO2 Generadas por cada empleo

Sector	Toneladas de CO2 por empleo
Coque Y Refino	450,03
Energía	182,74
Caucho Y No Metales	90,29
Química	34,85
Servicios Transporte	28,79
Extractivas	26,16
Metales	9,66
Manufactura	7,84
Agricultura Y Pesca	6,18
Alimentaria	3,97
Mat. Transporte	3,13
Comercio	0,82
Servicios	0,40
Hostelería	0,33
Construcción	0,22

Fuente: Cálculos Propios a partir del Instituto Nacional de Estadística

De estos resultados, se obtiene que los sectores más contaminantes en cuanto a la generación de empleo, son los de Coque y Refino, Energía y Caucho y No metales, mientras que el sector servicios, que es el que tiene una mayor producción efectiva de acuerdo a la tabla es de los menos contaminantes.

Con la situación actual, los niveles de producción total efectiva, que vienen dado por la ecuación.

$$X1 = x_{11} + x_{12} + \dots + x_{1i} + y_1$$

Tabla 4.-: Producción Total efectiva (Millones de euros)

Sector	Producción Total Efectiva
Agricultura Y Pesca	34.366,4
Extractivas	36.288,8
Alimentaria	81.926,5
Manufactura	60.840,3
Coque Y Refino	14.526,8
Química	55.306,6
Caucho Y No Metales	29.991,7
Metales	88.395,6
Mat. Transporte	30.271,5
Energía	80.759,6
Construcción	47.568,1
Comercio	84.496,7
Servicios Transporte	107.873,9
Hostelería	15.349,4
Servicios	352.447,2

Fuente: Cálculos Propios

Haciendo un análisis análogo al de las emisiones y el empleo, se encuentra que:

Tabla 5.- Toneladas de CO2 generadas por cada millón de euros

Sector	Toneladas de CO2 por cada millón de euros
Coque Y Refino	1,23
Caucho Y No Metales	0,94
Energía	0,83
Servicios Transporte	0,45
Agricultura Y Pesca	0,24
Química	0,17
Metales	0,13
Manufactura	0,11
Comercio	0,06
Hostelería	0,06
Extractivas	0,04
Mat. Transporte	0,04
Alimentaria	0,03
Servicios	0,02
Construcción	0,01

Los sectores más contaminantes son Energía, Caucho y no metales y Coque y refino, por lo que, se analizara el efecto en el resto de los sectores, ante cambios en ellos.

Determinando los coeficientes técnicos, y la matriz inversa, de acuerdo a la metodología, se obtienen los siguientes resultados.

Escenario 1. Eliminación del sector Coque y Refino.

Tabla 6.- Efectos de la eliminación del Sector Coque y Refino

Sector	Variación del Nivel de Producción	Variación Porcentual del Nivel de Producción
Agricultura Y Pesca	-1.489,3	-4,3%
Extractivas	-1.038,4	-6,7%
Alimentaria	-3.513,2	-4,3%
Manufactura	-3.187,4	-5,2%
Química	-3.247,7	-5,9%
Caucho Y No Metales	-1.628,4	-5,4%
Metales	-5.140,6	-5,8%
Mat. Transporte	-1.556,1	-5,1%
Energía	-5.034,9	-6,3%
Construcción	-2.491,4	-5,2%
Comercio	-3.896,3	-4,6%
Servicios Transporte	-4.311,8	-4,0%
Hostelería	-616,7	-4,0%
Servicios	-14.991,6	-4,3%
TOTAL	-90.693,50	-4,82%

Fuente: Cálculos Propios

Los resultados muestran que, eliminar el sector de Coque y Refino, implican una reducción general de 4,82% en la producción global, siendo el mayor impacto en la

industria extractiva con un 6,7%, explicado en la relación cercana que tienen estos sectores.

A nivel de emisiones y empleo. España estaría reduciendo sus emisiones totales en un 8.2%. y perdiendo en torno a 0,1% de los empleos (un total de 39.600 personas).

Escenario 2: Eliminación del sector “Caucho y No Metales”

Tabla 7.- Efectos de la Eliminación de Sector “Caucho y No Metales”

Sector	Variación del Nivel de Producción	Variación Porcentual del Nivel de Producción
Agricultura Y Pesca	-4.345,3	-12,7%
Extractivas	-6.523,3	-18,3%
Alimentaria	-10.201,5	-12,5%
Manufactura	-9.072,5	-15,2%
Coque Y Refino	-2.493,3	-17,2%
Química	-9.101,8	-17,3%
Metales	-14.659,7	-16,8%
Mat. Transporte	-4.808,0	-15,9%
Energía	-14.046,4	-18,0%
Construcción	-7.013,4	-14,9%
Comercio	-10.908,5	-13,2%
Servicios Transporte	-11.362,5	-10,7%
Hostelería	-1.691,5	-11,1%
Servicios	-41.060,2	-11,7%
Total	-193.327,12	-13,71%

Fuente: Cálculos Propios

La eliminación del sector de cauchos y no metales ocasiona una reducción en la producción general en torno al 13,71%. En particular, todos los sectores se vieron afectados con reducciones de dos dígitos, ello se explica en que, en primer lugar, este sector se relaciona con una mayor cantidad de sectores que utilizan insumos propios de actividades inmersas en este sector como el plástico.

Al Analizar el efecto sobre las emisiones, y el nivel de empleo. Los resultados muestran que, las emisiones se reducen en un 5.2% a cambio de una pérdida de 0,8% en el total de empleos (311 mil personas aproximadamente).

Escenario 3: Eliminación del Sector Energía (fósiles)

En este escenario, se considerará el hecho de que, el 70% de la generación energía es no renovable. Por lo que, para evaluar su efecto, se reducirá en 70% este sector y se mantendrá la proporcionalidad respecto a los niveles de empleo y de emisiones.

Tabla 8.- Efectos de la eliminación del sector Energía (fósiles)

Sector	Variación Del Nivel De Producción	Variación Porcentual Del Nivel De Producción
Agricultura Y Pesca	-7.000,7	-20,4%
Extractivas	-14.716,4	-47,9%
Alimentaria	-16.434,3	-20,1%
Manufactura	-14.594,2	-24,5%
Coque Y Refino	-4.249,3	-37,2%
Química	-14.255,7	-26,5%
Caucho Y No Metales	-7.563,0	-25,3%
Metales	-24.136,5	-28,1%
Mat. Transporte	-7.338,1	-24,3%
Energía	-12.826,6	-52,9%
Construcción	-11.664,5	-25,0%
Comercio	-17.624,9	-21,5%
Servicios Transporte	-18.184,2	-17,1%
Hostelería	-2.809,7	-18,4%
Servicios	-67.336,1	-19,5%
Totales	-322.858,55	-23,19%

Fuente: Cálculos Propios

El análisis muestra el efecto que produce en todos los sectores al eliminar la generación de energía no renovable. Destacable el efecto en los sectores de industrias extractivas, coque y refino. Estos sectores son caracterizados por poseer un uso intensivo de energía dada su naturaleza. El sector de la energía redujo su producción a la mitad, y la economía en su conjunto, cae su producción en 23,19% siendo el resultado más significativo de los escenarios analizados.

A nivel de emisiones, la caída es de 9.3% con una reducción en el empleo de 0,3%, asumiendo reducciones lineales en el empleo (70% de reducción en el sector implican 70% en la reducción de empleo y emisiones)

Tabla Resumen

La tabla resumen consolida los efectos de los cambios en los sectores mencionados sobre el producto total, emisiones y el nivel de empleo.

Tabla 9.- Resumen de los efectos observados con la eliminación de los sectores contaminantes

Sector Eliminado	Efecto Sobre Producción Global	Efecto sobre nivel de emisiones	Efecto Sobre el empleo
Energía	-23.19%	-9.3%	-0.3%
Coque y Refino	-4.82%	-8.2%	-0.1%
Caucho y No metálico	-13.71%	-5.2%	-0.8%

Fuente: Cálculos Propios

CONCLUSIONES

El “modelo Input-Output” asume como ventaja principal la de obligar al regente planificador a considerar de manera explícita la interdependencia entre los sectores productivos. Esta relación de adquisición y venta entre sectores queda notoriamente explicada a través de las tablas Input-Output para los sectores analizados, teniendo como resultado un consolidado de 15 sectores en donde se abordan las relaciones entre ellos, y los efectos producidos ante cambios en los sectores más contaminantes.

Además, se observa que al ser el sector de la minería la industria extractora española es uno de los menos contaminantes del mundo, observando los datos en cuanto al nivel de emisiones de CO₂ a la atmosfera. Por otra parte, es de notar la gran cantidad de emisiones que produce la generación de energía, aun España teniendo una fuente respetable de energía renovable y nuclear en su estructura de generación energética.

Analizando las relaciones entre los diversos sectores, dentro de los más contaminantes encontrados, se aprecia que, el sector de la generación de energía y el de caucho y productos no metálicos, son sectores altamente relacionados con los demás gracias a su papel de generador de insumos (como productos de caucho y plástico) ampliamente utilizados, y el papel de la energía como desencadenante de procesos. Este elemento no es apreciable de la misma manera en el sector del Coque y refino, el cual está íntimamente relacionado con las actividades extractivas, no así con el resto de los sectores, por lo que los cambios en uno son especialmente relevantes para el desempeño del otro.

En ese orden, es de suma importancia analizar las relaciones comerciales entre sectores y que niveles de contaminación generaban estas sobre el sector de la minería y la industria extractiva en España. Lo primero que se observa, es que el principal sector del que se nutre el sector de la minería español es el propio sector.

En estas conclusiones sobre el uso del modelo, se destacan las siguientes:

- Los sectores que tienen relaciones con el resto de la economía, tienen efectos

mucho más acentuados a la hora de algún cambio, positivo o negativo, los datos revelaron que, cambios en la generación de energía, o en el sector de caucho y productos no metálicos, afectan significativamente a los demás sectores, en ambos casos, el costo en términos de reducción de producción fue superior a la reducción de las emisiones de CO₂, lo que pudiese sugerir que no es racional desde un punto de vista económico. Caso contrario ocurre con el sector del coque y del refino, ello explicado en el reducido efecto que tiene sobre los demás sectores a excepción de las industrias extractivas. De los tres sectores analizados, fue el único donde una reducción de este sector aparentemente es racional desde el punto de vista económico, al ser la menos costosa desde el punto de vista de la reducción de la producción. (en términos monetarios)

- Estas estimaciones distan de ser precisas por cuando, existen efectos indirectos en emisiones y empleo que no son considerados, es evidente que aun cuando la modelización de la realidad intenta ser lo más precisa posible, no puede reproducir con claridad toda la extensa gama de interrelaciones existentes entre los sectores, por lo que, los efectos presentados son simplificaciones hipotéticas pero probables dada la relación entre sectores, pero no son exactas.

España debe reducir progresivamente la generación de energía de fuentes fósiles, como se observó, el efecto sobre el resto de los sectores es significativo, además de ello, en términos de emisiones, el sector representa el 31% del total de las emisiones, por lo que, la migración hacia fuentes más limpias es un factor importante a considerar.

Finalmente, para esta investigación se han encontrado una serie de limitaciones propias ya que, a pesar de tener una desagregación por sectores, esta podría haber sido todavía mayor, incluyendo por ejemplo las diferentes comunidades autónomas de España ya que entre ellas existen grandes diferencias, pero permitirá reconocer efectos más específicos en las comunidades, y permitir evaluar hacia donde deben dirigirse los esfuerzos para la reducción de emisiones en cada una de ellas, sin afectar en demasía su desempeño económico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia EFE (2018) La descarbonización afectará a un millón y medio de empleos directos en España en los Próximos 15 años. Recuperado de:

<https://www.eleconomista.es/economia/noticias/9165275/05/18/La-descarbonizacion-afectara-a-un-millon-y-medio-de-empleos-directos-en-Espana-en-los-proximos-15-anos.html>

Ana Belén Sánchez López (2016) “La minería del carbón en España y experiencias Internacionales de transición justa” Informe elaborado por el Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS-CCOO) para Greenpeace España p-p 4,5,6

Ayres, Frank. Teoría y Problemas de Matrices. Serie Schaum, Editorial McGraw-Hill, México. 1978.

Garrido, H. (2017). España revive por los servicios, el único sector que recupera el empleo y PIB perdido en la crisis. Tomado de <https://www.20minutos.es/noticia/3033212/0/espana-sector-servicios-base-recuperacion/> Consultado el 06/02/2019

Gujarati Damodar (2006) “Principios de Econometría” Tercera Edición McGraw Hill Impreso en España.

Iglesias A. (2016). “La DesCarbonización de España rebajaría un 42% el precio medio de la electricidad” consulta en: <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/strategy/articles/la-descarbonizacion-del-modelo-energetico.html>

Informe DatosMacro.com Producto Interno Bruto (PIB) de España Tercer Trimestre. Fecha de Actualización Octubre 2018 / Consulta 15 de Diciembre 2018. Disponible en: <https://datosmacro.expansion.com/pib/espana>

Instituto Nacional de Estadísticas (INE) Contabilidad Nacional Anual. https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/categoria.htm?c=Estadistica_P&cid=1254735576715

Instituto Nacional de Estadística. Cuentas de emisiones a la atmósfera por ramas de actividad (CNAE 2009) y Hogares como consumidores finales, sustancias contaminantes y periodo. Disponible en:

http://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?path=/t26/p084/base_2010/serie/10/&file=01001.px&L=0

Kleiman, Ariel (1987). *Matrices; Aplicaciones Matemáticas en Economía y Administración*. Editorial Limusa, México.

Kovacic, Michael. *Matemática: aplicaciones a las Ciencias Económicas y Administrativas*. Fondo Educativo Interamericano S.A., México. 1977.

Larrain, Sachs (2004) “Macroeconomía en la Economía global” Segunda Edición Márquez González Waldo Matriz de Leontief El problema económico de las relaciones interindustriales p.p 5,6,17,18. Pearson Education C.A Argentina pp 5 -8

Llorca, I. (2017). Procedencia de la generación de la energía en España. Consultado en: <http://www.eldiariodelaenergia.com/procedencia-la-generacion-la-energia-espana/1301>.

Miller, Ronald E.; Blair, Peter D. *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*. Cambridge, GBR: Cambridge University Press, 2009.